

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] In the gas piping system which carries out the sequential course of the 1st closing motion valve and the massflow controller from the source of process gas, and supplies this process gas to a process chamber The gas holder for measurement in which it is on massflow controller inlet-port piping between said 1st closing motion valves and said massflow controllers, and the gas for measurement of the predetermined pressure P1 is stored, It has the pressure sensor which measures the pressure of the entrance side of said massflow controller. After intercepting supply of said process gas to said massflow controller by said first closing motion valve, The gas for measurement currently stored in said gas holder for measurement to said massflow controller A sink, The massflow controller absolute flow rate assay system which measures the time amount T which predetermined pressure drawdown takes with said pressure sensor, and is characterized by the thing of said massflow controller for which a flow rate is authorized absolutely from the volume V of said time amount T and said gas holder for measurement.

[Claim 2] In the system indicated to claim 1, it has the closing motion valve for measurement which opens and closes a duct between said gas holder for measurement, and said massflow controller inlet-port piping. After intercepting supply of said process gas to said massflow controller by said first closing motion valve, said massflow controller is made into predetermined opening. When the pressure which measures the pressure P1 of the gas for measurement with said pressure sensor, next closes said closing motion valve for measurement, and said pressure sensor measures is set to low voltage P2 predetermined Make said massflow controller into a cut off state, next said closing motion valve for measurement is opened. The massflow controller absolute flow rate assay system characterized by measuring a pressure P3 by the pressure sensor after predetermined time progress, and computing the volume of massflow controller inlet-port piping from said pressures P1, P2, and P3 and the volume V of the tank for measurement.

[Claim 3] The gas holder for the 1st measurement in which it is on massflow controller inlet-port piping between said 1st closing motion valves and said massflow controllers, and the gas for measurement of the predetermined pressure P1 is stored in the system indicated to claim 1, The gas holder for the 2nd measurement in which it is similarly on said massflow controller inlet-port piping, and the gas for measurement of the predetermined pressure P2 is stored, The closing motion valve for the 1st measurement

which opens and closes a duct between said gas holder for the 1st measurement, and said massflow controller inlet-port piping, It has the closing motion valve for the 2nd measurement which opens and closes a duct between said gas holder for the 2nd measurement, and said massflow controller inlet-port piping. After intercepting supply of said process gas to said massflow controller by said first closing motion valve, Open said closing motion valve for the 1st measurement, and the time amount T1 which predetermined pressure drawdown takes with said pressure sensor is measured. Next, open said closing motion valve for the 2nd measurement, and the time amount T2 which predetermined pressure drawdown takes with said pressure sensor is measured. The massflow controller absolute flow rate assay system characterized by the thing of said massflow controller for which a flow rate is authorized absolutely from the volume of said time amount T1 and T2 and said gas holder for the 1st measurement, and the volume of said gas holder for the 2nd measurement.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the absolute flow rate assay system which can authorize the measurement precision of the absolute flow rate which the massflow controller in the condition of having included in the detail into the system further measures about flow rate assay of the massflow controller used for the gas system in a semi-conductor manufacture process.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the membrane formation equipment in a semi-conductor production process, a dry type etching system, etc., strong inflammability gas, such as corrosive gas, such as so-called special material gas, chlorine gas, etc., such as a silane and a phosphine, and hydrogen gas, etc. is used, for example. In use of these gas, the flow rate must be managed very strictly for the reason explained below.

[0003] The fact that a quantity of gas flow influences the quality of a process directly is cited as the reason. That is, in a membrane formation process, the quality of circuit processing is influenced [ great ] by membranous quality with the precision of a quantity of gas flow in an etching process. The fact that this kind of gas [ many of ] has the body, harmful nature or explosivity over an environment, etc. is cited as another reason. For this reason, exhausting these gas after use to direct atmospheric air is not allowed, but it must be equipped with the damage elimination means according to a type of gas. This damage elimination means may lead to an outflow by the environment of harmful gas, or breakage of a damage elimination means, when the throughput is restricted usually and the flow rate more than an allowed value flows. Furthermore, since the thing of the high grade which can be used in these gas, especially a semi-conductor manufacture process, and non-dust has the expiration date by natural deterioration an expensive top depending on a type of gas, it also becomes a reason that extensive storage cannot be performed.

[0004] Since the actual flow rate of these gas that a process unit requires is small, it matches at most 500 sccm extent with the massflow controller better known than before in

piping, and he is trying to pass the optimal flow rate for every type of gas on the other hand. By changing applied voltage, this massflow controller changes a setting flow rate, and can respond now to modification of a process recipe.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since the massflow controller in this kind of gas process is a thing aiming at controlling a small flow rate, it has a capillary inside, and it is performing the monitor of a flow rate etc. according to an operation of this capillary. Among the gas which flows a massflow controller on the other hand, also within the piping on a property, especially the charge gas of membrane formation material may deposit a solid, and may change the flow rate capacity of piping. Since a real flow rate changes even if the relation of the applied voltage and the real flow rate in the massflow controller will naturally change and there will be no change in a setup of applied voltage, if this change takes place, the stability of a process will be checked. When such [ actually ] change takes place, a setup of applied voltage must be corrected in order to pass a right quantity of gas flow. At this time, the need of measuring the real flow rate of a massflow controller arises.

[0006] Moreover, continuing using such a massflow controller will send into a process unit the particle which should be most disliked on semi-conductor manufacture, and it is not desirable. Therefore, in such a case, a massflow controller must be exchanged for a new article. Even if the relation between the applied voltage of a massflow controller and a real flow rate is the same model, it cannot disregard individual difference, but it needs to measure a real flow rate in the new exchanged massflow controller here.

[0007] however, the thing for which the real flow rate of a massflow controller is measured -- most past -- there is no line crack \*\*\*\*. The reason has measurement of the real flow rate of the massflow controller in the condition of having included in the pipe line in a difficult thing. Then, applied voltage was provisionally set up by an operator's intuition and experience instead of measuring a real flow rate, the process was performed, the quality of an estimate was judged by the quality, this was repeated, and the optimal set point is determined. For this reason, since time amount is taken by optimum-value decision, the real availability of a process unit not only becomes low, but it cannot make light of costs, such as various gas, a test wafer, etc. which are consumed in that process.

[0008] In order to solve this problem, these people have proposed the system which performs flow rate assay of the massflow controller actually attached in the pipe line by Japanese Patent Application No. No. 286986 [ four to ]. After having introduced nitrogen gas from the pipe line of the nitrogen gas for a purge after intercepting supply of the process gas to a massflow controller, and filling entrance-side piping of a massflow controller with this approach with nitrogen gas, flow rate assay of a massflow controller was performed by measuring the pressure drawdown accompanying time amount progress. After measuring and memorizing the initial value of the pressure drawdown accompanying time amount progress furthermore when a massflow controller is installed in a detail at the pipe line, and using a massflow controller, flow rate assay of a massflow controller was performed by measuring the value of the pressure drawdown accompanying time amount

progress, and getting to know change with the value and initial value.

[0009] However, there was the following problem in the system proposed by Japanese Patent Application No. No. 286986 [ four to ]. That is, when the abnormalities of flow rate measurement are discovered, there is a case where he wants to know a flow rate correctly absolutely. Moreover, when a new massflow controller is attached, a flow rate is measured correctly absolutely and there is a case of the massflow controller where he wants to check precision absolutely. In the system of Japanese Patent Application No. No. 286986 [ four to ], the flow rate was immeasurable by any means. And when a flow rate needed to be measured absolutely, it reconnected with the pipe line, the flow instrument which can measure a flow rate absolutely was measured to it, and it had returned after measurement. Therefore, connection of piping etc. took time amount and it had taken about 5-hour excessive time amount. Furthermore, by removal of piping, the particle which exists in indoor air might invade in piping, the pipe line might be polluted with the semi-conductor process, and it was a problem.

[0010] It is made in order that this invention may solve the trouble mentioned above, and it corresponds to the individual difference and aging of a massflow controller appropriately by [ of the massflow controller in the condition included in the pipe line ] enabling measurement of a flow rate absolutely, the electrical-potential-difference set point which gives a right quantity of gas flow is got to know quickly, and it aims at offering the massflow controller absolute flow rate assay system which enables stable operation of the process which has and uses gas, and high availability operation.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose the massflow controller absolute flow rate assay system of this invention In the gas piping system which carries out the sequential course of the 1st closing motion valve and the massflow controller from the source of process gas, and supplies this process gas to a process chamber The gas holder for measurement in which it is on massflow controller inlet-port piping between the 1st closing motion valve and a massflow controller, and the gas for measurement of the predetermined pressure  $P_1$  is stored, It has the pressure sensor which measures the pressure of the entrance side of a massflow controller. After intercepting supply of the process gas to a massflow controller by the first closing motion valve, the gas for measurement stored in the gas holder for measurement is passed to a massflow controller. The time amount  $T$  which predetermined pressure drawdown takes with a pressure sensor is measured, and it is characterized by the thing of a massflow controller for which a flow rate is authorized absolutely from the volume  $V$  of time amount  $T$  and the gas holder for measurement.

[0012] Moreover, in the above-mentioned system, it has the closing motion valve for measurement which opens and closes a duct between the gas holder for measurement, and massflow controller inlet-port piping. A massflow controller is made into predetermined opening after intercepting supply of the process gas to a massflow controller by said first closing motion valve. When the pressure which measures the pressure  $P_1$  of the gas for

measurement with a pressure sensor, next a pressure sensor measures is set to low voltage P2 predetermined A massflow controller is made into a cut off state, next the closing motion valve for measurement is opened, a pressure P3 is measured by the pressure sensor after predetermined time progress, and it is characterized by computing the volume of massflow controller inlet·port piping from pressures P1, P2, and P3 and the volume V of the tank for measurement. Moreover, the gas holder for the 1st measurement in which it is on massflow controller inlet·port piping between the 1st closing motion valve and a massflow controller, and the gas for measurement of the predetermined pressure P1 is stored in the above-mentioned system, The gas holder for the 2nd measurement in which it is similarly on massflow controller inlet·port piping, and the gas for measurement of the predetermined pressure P2 is stored, The closing motion valve for the 1st measurement which opens and closes a duct between the gas holder for the 1st measurement, and massflow controller inlet·port piping, It has the closing motion valve for the 2nd measurement which opens and closes a duct between the gas holder for the 2nd measurement, and massflow controller inlet·port piping. After intercepting supply of the process gas to a massflow controller by the first closing motion valve, Open the closing motion valve for the 1st measurement, and the time amount T1 which predetermined pressure drawdown takes with a pressure sensor is measured. Next, the closing motion valve for the 2nd measurement is opened, the time amount T2 which predetermined pressure drawdown takes with a pressure sensor is measured, and it is characterized by the thing of a massflow controller for which a flow rate is authorized absolutely from the volume of time amount T1 and T2 and the gas holder for the 1st measurement, and the volume of the gas holder for the 2nd measurement.

[0013]

[Function] In the massflow controller absolute flow rate assay system of this invention which has said configuration, when a massflow controller is attached in the pipe line, the absolute flow rate of a massflow controller can be measured. A flow rate is computable by the following three approaches absolutely. It is carried out by comparing the measurement value of the absolute flow rate which computed assay of a flow rate absolutely and massflow controller of a massflow controller. In a primary method, supply of the process gas to (1) massflow controller is intercepted by the first closing motion valve, the time amount T taken for a sink and (3) pressures to carry out pressure drawdown of the measurement gas in (2) measurement tank to a massflow controller from the predetermined value P1 P2 is measured, and the absolute flow rate which flowed to the massflow controller based on the gaseous equation of state from the volume V of the (4) time amount T and the gas holder for measurement is computed.

[0014] By the second approach, intercept supply of the process gas to (1) massflow controller by the first closing motion valve, and (2) massflow controllers are made into predetermined opening. When the pressure which measures the pressure P1 of the gas for measurement with said pressure sensor, and (3) pressure sensors measure is set to low voltage P2 predetermined Make a massflow controller into a cut off state, and the closing

motion valve for (4) measurement is opened. Measure a pressure P3 by the pressure sensor after progress at the time of predetermined, and the volume of massflow controller inlet-port piping is computed from the (5) pressures P1, P2, and P3 and the volume V of the tank for measurement. The sum of the volume of the gas holder for measurement and the volume of massflow controller inlet-port piping is used as volume of a primary method.

[0015] By the third approach, supply of the process gas to (1) massflow controller is intercepted by the first closing motion valve. (2) The closing motion valve for the 1st measurement is opened. The measurement gas in the 1st measurement tank to a massflow controller Sink, (3) The time amount T1 taken to carry out pressure drawdown to P3 from the predetermined pressure P1 is measured. (4) The closing motion valve for the 2nd measurement is opened. The measurement gas in the 2nd measurement tank to a massflow controller Sink, (5) The time amount T2 taken to carry out pressure drawdown to P4 from the predetermined pressure P2 is measured. (6) Based on a gaseous equation of state, the absolute flow rate which flowed to the massflow controller is computed from the volume of pressure drawdown P1-P3, P2-P4 and the measured time amount T1, time amount T2, and the gas holder for the 1st measurement, and the volume of the gas holder for the 2nd measurement.

[0016]

[Example] One example which materialized the gas real flow rate assay system of this invention, and was hereafter included in the gas piping system is explained with reference to a drawing. Drawing 3 is the block diagram of the gas system incorporating the gas real flow rate assay system concerning this invention. In drawing 3, two kinds of process gas (A, B) is supplied to the process chambers 5A and 5B through the 1st closing motion valve (15A, 15B) and the 2nd closing motion valve (2A, 2B) which sandwich a massflow controller (11A, 11B), respectively. on the other hand, nitrogen gas supply Rhine for purging a massflow controller 11 with nitrogen gas should pass the closing motion valve for connection (4A, 4B) through REGYURETA 32, a filter 33, and a purge valve 17 from a nitrogen gas holder -- each gas line is joined. Moreover, the pressure sensor 13 has connected with piping between a purge valve 17 and the closing motion valve 4 for connection. Moreover, the gas holder 12 for measurement has connected with piping between a purge valve 17 and the closing motion valve 4 for connection through the closing motion valve 14 for measurement. Here, the closing motion valves 4A and 4B for connection are formed for authorizing massflow controllers 11A and 11B according to an individual. That is, when authorizing massflow controller 11A, only closing motion valve 4 for connection A is made open, and closes and uses other closing motion valve 4 for connection B etc. A pressure sensor 13 measures the pressure of the nitrogen gas in piping of the entrance side of a massflow controller 11. The process chambers 5A and 5B are for performing dry etching, gaseous-phase membrane formation, thermal oxidation, etc.

[0017] If the configuration of the pipe line of the nitrogen gas containing this gas holder 12 for measurement is simplified and shown, it will become like drawing 1. That is, it is on the massflow controller inlet-port piping 16 between a purge valve 17 and a massflow

controller 11, and the gas holder 12 for measurement in which the nitrogen gas of the predetermined pressure P1 is stored is arranged. Moreover, the closing motion valve 14 for measurement is arranged between the gas holder 12 for measurement, and the massflow controller inlet-port piping 16. Moreover, the pressure sensor 13 which measures the pressure of the entrance side of a massflow controller 11 is arranged in the massflow controller inlet-port piping 16. On the other hand, a purge valve 17 is a pilot type closing motion valve, and the solenoid valve 21 which supplies the air for driving a purge valve 17, and is intercepted is connected.

[0018] Next, drawing 2 explains the configuration of the control unit of this system. The flow rate assay control unit 22 is constituted by A/D converter 25 for changing into digital data CPU23 which is an operation means, I/O24 which is an input/output interface, and analog data, a display 26, and I/O27 that is an interface with a host computer. Here, ROM which has memorized the control program, and RAM which memorizes data etc. temporarily are included in CPU23 of drawing 2. The output of a pressure sensor 13 is connected to A/D converter 25. Moreover, the solenoid valve 21 is connected to I/O24. On the other hand, the flow rate assay control unit 22 is connected to the host computer 28 which is controlling the whole process. That is, I/O27 is connected to I/O29 which is an interface by the side of a host computer 28 through the data communication line 31. I/O29 is connected to CPU30 of a host computer 28.

[0019] Next, an operation of the absolute flow rate assay system of the massflow controller which has the above-mentioned configuration is explained. First, an operation of a process is usually explained. In case the usual process recipe is performed in this gas system After the nitrogen gas from the gas holder 12 for measurement does not flow to each gas line by making close a latching valve (4A, 4B) and making it each process gas not flow backwards to the direction of a pressure sensor 13 A programmed voltage is impressed to each massflow controller 11, and only a required flow rate passes each process gas to the process chamber 5 by making open the required 1st closing motion valve 15 and the 2nd closing motion valve 2. In the process chamber 5, the wafer which it is going to process is contained, heating, plasma impression, etc. are performed suitably, it combines with an operation of process gas and required processing is performed.

[0020] Now, in this gas system, the case where massflow controller 11A is exchanged for a new article is considered. Since a massflow controller generally has a capillary inside, even if it is the thing of a highly uniform, the individual difference of the relation between the applied voltage and a real absolute flow rate is desirable when being unable to ignore, measuring the actual absolute flow rate in the condition of having included in the system, and resetting up the applied voltage to the flow rate to need aims at good operation of a process. Moreover, since the property of a massflow controller 11 may change with plugging of a capillary etc. by carrying out count activation of many real recipes, in the very large semi-conductor production process of the effect which the precision of a flow rate has on quality directly absolutely, it is required to authorize the absolute flow rate which a massflow controller 11 measures if needed. In the gas system of this example, since the gas

absolute flow rate assay system is incorporated, the gas absolute flow rate of each massflow controller (11A, 11B) can be measured, and the precision of a massflow controller 11 can be checked.

[0021] The procedure of the gas real discharge measurement in the gas system of this example is explained based on the flow chart of drawing 4. Here, the approach of massflow controller 11A of authorizing a flow rate absolutely is explained. In order to measure a gas absolute flow rate in the gas system of drawing 1 Make close first 1st closing motion valve 15A, and supply of the process gas A to massflow controller 11A is intercepted. 2nd closing motion valve 2A and massflow controller 11A, the closing motion valve 14 for measurement, closing motion valve 4 for connection A, and a purge valve 17 are opened, the process gas A which remains in the massflow controller 11 is discharged, and the massflow controller 11 interior is purged with nitrogen gas (S1). Thereby, the nitrogen gas of purge pressure is stored in the gas holder 12 for measurement. Next, a flow rate setup of massflow controller 11A is made into the predetermined value which is usually due to be used in a process (S2), a purge valve 17 is closed, and the nitrogen gas in the gas holder 12 for measurement is passed to massflow controller 11A (S3). And A/D conversion of the pressure which the pressure sensor 13 measured is carried out by A/D converter 25, and it is read into CPU23. Moreover, CPU23 measures the time amount T taken to perform time amount measurement from and to detect the predetermined pressure P2 when the predetermined pressure P1 is detected.

[0022] And CPU23 computes the absolute flow rate of the nitrogen gas which flowed to massflow controller 11A based on the gaseous equation of state by the above-mentioned pressure drawdown P1-P2 and time amount T (S5). Next, the calculation approach is explained. gaseous equation of state  $PV=nRT$  .. here .. P .. a gaseous pressure and V .. the gaseous volume and n .. the mol of a gas .. a number and T are gaseous temperature. If it is set to  $(dP/dt)=(dn/dt)RT$  and this is arranged about  $(dn/dt)$  by differentiating the equation of state of this gas by time amount t It becomes  $(dn/dt)=(dP/dt)/(RT)$ . (Formula 1)

On the other hand, it is flow Q. It is set to  $Q=(dn/dt) m$ . (Formula 2)

Here, m is gaseous molecular weight. (Formula 1) And (formula 2) it depends. It becomes  $Q=(dP/dt) mV/(RT)$ . (Formula 3)

[0023] For  $dP=P2-P1$ ,  $dt=T$ , and m, in this example, the molecular weight of nitrogen gas and V are [ a gas constant and T of the volume V1 and R of the gas holder 12 for measurement ] the temperature of nitrogen gas. Since gaseous temperature hardly changes in change of the gas which this operation requires, 20 room temperatures are being used for the temperature of nitrogen gas as they are. Moreover, it is necessary to calculate the volume V correctly to the volume which applied the volume of the gas holder 12 for measurement, and the volume of the massflow controller inlet-port piping 16. In this example, since it is simple, it is calculating to the volume of the gas holder 12 for measurement, but since the volume of the gas holder 12 for measurement of this example is set up by about 100 times the volume of the massflow controller inlet-port piping 16, it can press down the error by the volume to about 1%. Every one massflow controller 11 is

authorized with the observation absolute flow rate of a flowmeter, and relation with a flow rate is absolutely indicated to be a measurement value as a design value in the table etc. One of the purposes of this invention is checking the relation of a flow rate not changing by any means with a measurement value, when a massflow controller 11 is built into the actual pipe line. Therefore, massflow controller 11A is authorized by comparing the absolute flow rate and the design value of massflow controller 11A which were computed (S6).

[0024] As explained to the detail above, according to the massflow controller absolute flow rate assay system of this example The gas holder 12 for measurement in which it is on the massflow controller inlet·port piping 16 between the 1st closing motion valve 15 and a massflow controller 11, and the nitrogen gas for measurement of the predetermined pressure P1 is stored, The closing motion valve 14 for measurement which opens and closes a duct between the gas holder 12 for measurement, and the massflow controller inlet·port piping 16, It has the pressure sensor 13 which measures the pressure of the entrance side of a massflow controller 11. After intercepting supply of the process gas to a massflow controller 11 by the first closing motion valve 15, Since the closing motion valve 14 for measurement is opened, the time amount T which predetermined pressure drawdown takes with a pressure sensor 13 is measured and the absolute flow rate of a massflow controller 11 is authorized from the volume V of time amount T and the gas holder 12 for measurement Since [ of a massflow controller 11 ] a flow rate can be authorized easily and simple absolutely, a massflow controller 11 can be controlled correctly and only a required daily dose can supply process gas correctly.

[0025] Next, the second example is explained. Since the configuration of the second example is completely the same as that of the first example, explanation is omitted. Since it is the point of asking for the volume of the massflow controller inlet·port piping 16, differing from the first example in the second example explains to a detail the operation which asks for the massflow controller inlet·port piping 16 of the second example using drawing 5 . Here, the approach of massflow controller 11A of authorizing a flow rate absolutely is explained. The 1st closing motion valve 15 is closed, a purge valve 17, closing motion valve 4for connection A, the closing motion valve 14 for measurement, and a massflow controller 11 are opened, and the inside of massflow controller 11A is purged with nitrogen gas (S11).

[0026] Next, massflow controller 11A is changed into a setting flow rate condition, and a pressure P1 is measured (S12). Next, when a purge valve 17 is closed and a pressure is set to low voltage P2 predetermined after closing the closing motion valve 14 for measurement, massflow controller 11A is closed, and a pressure P2 is measured (S13). After closing the closing motion valve 14 for measurement, the purge valve 17 is closed because an error will occur in the capacity stored in the gas holder 12 for measurement, if a purge valve 17 is closed previously. Next, the closing motion valve 14 for measurement is opened, and the pressure P3 after predetermined time progress is measured (S14). Next, the measured pressures P1, P2, and P3 and volume V0 of the gas holder 12 for measurement The volume

VX of the massflow controller inlet-port piping 16 is computed (S15).

[0027] Next, the calculation approach is explained.

From  $PV=nRT$ , it is  $n=PV/(RT)$ .

(Number of mols in gas holder 12 for measurement) + (mol in the massflow controller inlet-port piping 16 number) = (the total number of mols when making a bulb open) therefore  $P1V0/(RT) + P2VX/(RT) = P3(V0+VX)/(RT)$  and this is arranged --  $V(P1-P3)0 = (P3-P2) VX$ , if this is solved about VX  $VX = V0(P1-P3)/(P3-P2)$  (formula 4)

Here, the volume of the known gas holder 12 for measurement is set to  $V0$ , and the volume of the massflow controller inlet-port piping 16 is set to  $VX$ .

[0028] The step of S16 to S19 is the same as that of the 1st example, and omits explanation. By (the formula 2), it is the volume  $VX$  of the massflow controller inlet-port piping 16. By being able to ask and being referred to as  $V=V0+VX$  in (a formula 3), it can include to the volume of the massflow controller inlet-port piping 16, and a flow rate can be computed absolutely more correctly than the first example. In this example, after setting the inside of high-pressure  $P1$  and the massflow controller inlet-port piping 16 to low voltage  $P2$ , the inside of the gas holder 12 for measurement It is the volume  $VX$  of the massflow controller inlet-port piping 16, opening the closing motion valve 14 for measurement, and using the inside of the gas holder 12 for measurement, and the massflow controller inlet-port piping 16 as a medium voltage  $P3$ . Although asked On the contrary, after setting the inside of low voltage  $P1$  and the massflow controller inlet-port piping 16 to high-pressure  $P2$  for the inside of the closing motion valve 14 for measurement, it is the same, even if it opens the closing motion valve 14 for measurement and asks for the volume  $VX$  in the massflow controller inlet-port piping 16 as a medium voltage  $P3$ .

[0029] According to the massflow controller absolute flow rate assay system of the second example After intercepting 1st closing motion valve 15A, make massflow controller 11A into a cut off state, and a massflow controller is made into predetermined opening. When the pressure which measures the pressure  $P1$  of the gas for measurement with a pressure sensor, next a pressure sensor measures is set to low voltage  $P2$  predetermined Make a massflow controller into a cut off state, next the closing motion valve for measurement is opened. Measure a pressure  $P3$  by the pressure sensor after predetermined time progress, and the volume of massflow controller inlet-port piping is computed from pressures  $P1$ ,  $P2$ , and  $P3$  and the volume  $V$  of the tank for measurement. Since massflow controller absolute flow rate assay is performed using the volume, as compared with the first example, it can ask for the volume of the massflow controller inlet-port piping 16, and a flow rate can be computed correctly absolutely. Therefore, it is not necessary to enlarge the volume of the gas holder 12 for measurement, and a system can be constituted in a compact.

[0030] Next, the third example is explained. The configuration of the third example is shown in drawing 2. That the third example differs from the first example is a point respectively equipped with the gas holder 12 for measurement, and 2 sets of closing motion valves 14 for measurement. That is, the gas holder 121 for the 1st measurement connected with the massflow controller inlet-port piping 16 through the closing motion valve 141 for

the 1st measurement, and the gas holder 122 for the 2nd measurement has connected with the massflow controller inlet-port piping 16 through the closing motion valve 142 for the 2nd measurement. Next, an operation of the third example is explained to a detail using drawing 6. Here, the approach of massflow controller 11A of authorizing a flow rate absolutely is explained. In order to measure a gas absolute flow rate in the gas system of drawing 1 R>1 Make close first 1st closing motion valve 15A, and supply of the process gas A to massflow controller 11A is intercepted. 2nd closing motion valve 2A, massflow controller 11A, the closing motion valve 141 for the 1st measurement, the closing motion valve 142 for the 2nd measurement, closing motion valve 4 for connection A, A purge valve 17 is opened, the process gas A which remains in the massflow controller 11 is discharged, and the inside of massflow controller 11A is purged with nitrogen gas (S21). This stores the nitrogen gas of purge pressure in the gas holder 121 for the 1st measurement, and the gas holder 122 for the 2nd measurement.

[0031] Next, let a flow rate setup of massflow controller 11A be the predetermined value which is usually due to be used in a process (S22). Next, the closing motion valve 141 for the 1st measurement is opened, and the closing motion valve 142 for the 2nd measurement is closed (S23). Next, a purge valve 17 is closed and the time amount T1 in which a pressure carries out pressure drawdown to P3 from P1 with a pressure sensor 13 is measured (S24). Next, a purge valve 17 is opened (S25). Next, the closing motion valve 141 for the 1st measurement is closed, and the closing motion valve 142 for the 2nd measurement is opened (S26). Next, a purge valve 17 is closed and the time amount T2 in which a pressure carries out pressure drawdown to P4 from P2 with a pressure sensor 13 is measured (S27).

[0032] And based on a gaseous equation of state, the absolute flow rate of the nitrogen gas which flowed to massflow controller 11A is computed using the pressure drawdown time amount T1 and T2 which CPU23 measured (S28). And the absolute flow rate and design value which were computed are compared, and a massflow controller 11 is authorized (S29). Next, the calculation approach of the absolute flow rate of nitrogen gas is explained. If the volume of V2 and the massflow controller inlet-port piping 16 is set [ the volume of the gas holder 121 for the 1st measurement ] to VX for the volume of V1 and the gas holder 122 for the 2nd measurement from (a formula 3) It becomes  $Q = (dP/dt1) m(V1+VX)/(RT)$ . (Formula 5)

It becomes  $Q = (dP/dt2) m(V2+VX)/(RT)$ . (Formula 6)

If VX is eliminated from (a formula 5) and (a formula 6) It becomes  $Q = (dP/(dt1-dt2)) m(V1-V2)/(RT)$ . (Formula 7)

(A formula 7) is the form where considered that only the difference of the volume of a tank was the difference of pressure drawdown time amount, and it substituted  $dt = dt2 - dt1$  and  $V = V2 - V1$  for (the formula 3). Thereby, it is the volume VX of the massflow controller inlet-port piping 16. Since it can ask, it can include to the volume of the massflow controller inlet-port piping 16, and a flow rate can be computed absolutely more correctly than the first example.

[0033] Although the closing motion valve 141 for the 1st measurement is opened and measured where the closing motion valve 142 for the (1) 2nd measurement is closed, and it is measuring by opening the closing motion valve 142 for the 2nd measurement at this example (2), next where the closing motion valve 141 for the 1st measurement is closed In the case of (2), you may measure by opening the closing motion valve 142 for the 2nd measurement with the condition of having opened the closing motion valve 141 for the 1st measurement. It is because flow Q is measured as a difference of the time amount which carries out pressure drawdown only of the difference of the volume of two tanks, so according to this approach a volume difference can be enlarged even if it uses the same tank.

[0034] According to the massflow controller absolute flow rate assay system of the third example The gas holder 121 for the 1st measurement in which the nitrogen gas of the predetermined pressure P1 is stored, and the gas holder 122 for the 2nd measurement in which the nitrogen gas of the predetermined pressure P2 is stored, The closing motion valve 141 for the 1st measurement which opens and closes a duct between the gas holder 121 for the 1st measurement, and the massflow controller inlet·port piping 16, It has the closing motion valve 142 for the 2nd measurement which opens and closes a duct between the gas holder 122 for the 2nd measurement, and the massflow controller inlet·port piping 16. After intercepting supply of the process gas to massflow controller 11A by first closing motion valve 15A, Open the closing motion valve 141 for the 1st measurement, and the time amount T1 which predetermined pressure drawdown takes with a pressure sensor 13 is measured. Next, open the closing motion valve 142 for the 2nd measurement, and the time amount T2 which predetermined pressure drawdown takes with a pressure sensor 13 is measured. Since the absolute flow rate of massflow controller 11A is authorized from the volume of the measured time amount T1 and T2 and the gas holder 121 for the 1st measurement, and the volume of the gas holder 122 for the 2nd measurement As compared with the first example, it can ask for the volume of the massflow controller inlet·port piping 16, and a flow rate can be computed correctly absolutely. Moreover, in the second example, although it is difficult to make a massflow controller 11 into a perfect cut off state, since two small tanks are only needed, in the third example, a flow rate can be measured absolutely more correctly.

[0035] On the other hand, if much activation of a real recipe is repeated the number of times, the relation between the applied voltage of a massflow controller 11 and a real flow rate may change, and although the normal electrical potential difference is impressed to a massflow controller 11, that will be known when a process result becomes less good. If a process result is not good, in the case of a membrane formation process, the membranous thickness and membranous qualities (refractive index etc.) which were formed will shift from normal values, or it will say that those homogeneity worsens. In this case, the applied voltage of a massflow controller 11 is corrected and a required flow must be made to be obtained. Moreover, since it obtains and carries out, particle is generated and the process yield is worsened, when the massflow controller 11 with which the gap from such normal

values became large exceeds threshold value with a gap, it is desirable [ the massflow controller ] that a certain alarm is emitted.

[0036] Since it has the absolute real flow rate measurement means in the actual pipe line in the gas system of this example and can judge whether it should correct as mentioned above or the applied voltage of a massflow controller 11 should be exchanged often [ a system ] and efficiently, a step stop of a semi-conductor can be raised. Moreover, time amount required for analysis is reducible by adopting the system of this example as a result of the cost of the process gas and the test wafer to consume, or trial.

[0037] In addition, of course, various deformation and amelioration are possible within limits which the above-mentioned example does not limit this invention and do not deviate from the summary of this invention. Moreover, although nitrogen gas was used as gas for measurement here, other gas may be used as long as not only nitrogen gas but the clean thing which is inactive is available gas. However, the process gas used at a semi-conductor process is expensive, and since it may have toxicity, it is good [ the gas for measurement ] to use a different thing from process gas like this example.

[0038]

[Effect of the Invention] According to the massflow controller absolute flow rate assay system of this invention, like [ it is \*\*\*\*\* from having explained above and ] The gas holder for measurement in which it is on massflow controller inlet-port piping between the 1st closing motion valve and a massflow controller, and the gas for measurement of the predetermined pressure P1 is stored, The closing motion valve for measurement which opens and closes a duct between the gas holder for measurement, and massflow controller inlet-port piping, It has the pressure sensor which measures the pressure P2 of the entrance side of a massflow controller. After intercepting supply of the process gas to a massflow controller by the first closing motion valve, Since the absolute flow rate of a massflow controller is authorized by measuring the time amount T which opens the closing motion valve for measurement and predetermined pressure drawdown takes with a pressure sensor Since [ of a massflow controller ] a flow rate can be authorized easily and simple absolutely, a massflow controller can be controlled correctly and only a required daily dose can supply process gas correctly. Thereby, the yield of a semi-conductor production process can be raised.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the principal part of the massflow controller flow rate assay system which is the first example of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the configuration of the principal part of the massflow controller flow rate assay system which is the third example of this invention.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the whole massflow controller absolute flow rate assay system configuration of the first example.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows an operation of the massflow controller absolute flow rate assay system of the first example.

[Drawing 5] It is the flow chart which shows an operation of the massflow controller absolute flow rate assay system of the second example.

[Drawing 6] It is the flow chart which shows an operation of the massflow controller absolute flow rate assay system of the third example.

[Description of Notations]

11 Massflow Controller

12 Gas Holder for Measurement

121 Gas Holder for 1st Measurement

122 Gas Holder for 2nd Measurement

13 Pressure Sensor

14 Closing Motion Valve for Measurement

141 Closing Motion Valve for 1st Measurement

142 Closing Motion Valve for 2nd Measurement

15 1st Closing Motion Valve

16 Massflow Controller Inlet-Port Piping

21 Solenoid Valve

22 Flow Rate Assay Control Unit

23 CPU23

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>G 0 5 D 7/06  
G 0 1 F 1/34  
25/00

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

Z  
Z  
G

## 審査請求 有 請求項の数3 FD (全11頁)

(21)出願番号 特願平6-99333

(22)出願日 平成6年(1994)4月12日

(71)出願人 000106760

シーケーディ株式会社  
愛知県小牧市大字北外山字早崎3005番地

(72)発明者 林本 茂

愛知県小牧市大字北外山早崎3005 シーケ  
ーディ株式会社内

(72)発明者 須藤 良久

愛知県小牧市大字北外山早崎3005 シーケ  
ーディ株式会社内

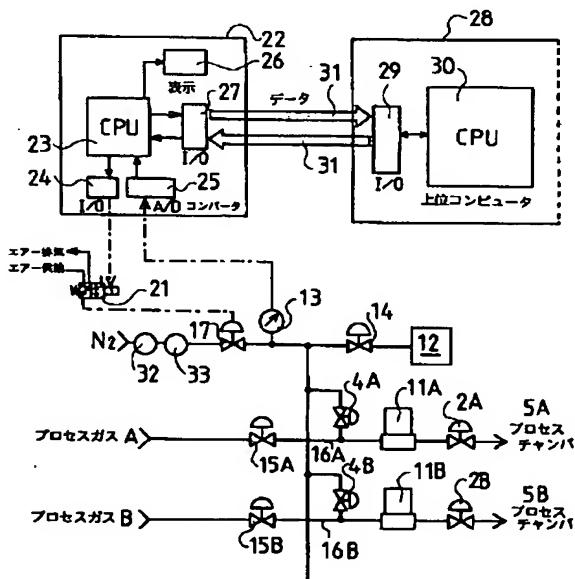
(74)代理人 弁理士 富澤 孝 (外2名)

## (54)【発明の名称】 マスフローコントローラ絶対流量検定システム

## (57)【要約】

【目的】 配管系に組み込んだ状態でのマスフローコントローラの絶対流量の計測を容易に可能なマスフローコントローラ絶対流量検定システムを提供すること。

【構成】 マスフローコントローラ絶対流量検定システムは、第1開閉弁15とマスフローコントローラ11との間のマスフローコントローラ入口配管16上にあって、所定圧力P1の窒素ガスを蓄える計測用ガスタンク12と、計測用ガスタンク12とマスフローコントローラ入口配管16との間で管路を開閉する計測用開閉弁14と、マスフローコントローラ11の入口側の圧力を計測する圧力センサ13とを有し、マスフローコントローラ11へのプロセスガスの供給を第一開閉弁15により遮断した後、計測用開閉弁14を開いて、圧力センサ13により所定の圧力降下に要する時間Tを計測し、時間T及び計測用ガスタンクの容積より絶対流量を算出し、マスフローコントローラの絶対流量を検定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プロセスガス源から第1開閉弁およびマスフローコントローラを順次経由してプロセスチャンバーに該プロセスガスを供給するガス配管系において、前記第1開閉弁と前記マスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上にあって、所定圧力P1の計測用ガスを蓄える計測用ガスタンクと、前記マスフローコントローラの入口側の圧力を計測する圧力センサとを有し、

前記マスフローコントローラへの前記プロセスガスの供給を前記第一開閉弁により遮断した後、前記計測用ガスタンク内に蓄えられている計測用ガスを前記マスフローコントローラに流し、前記圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間Tを計測し、前記時間T及び前記計測用ガスタンクの容積Vより前記マスフローコントローラの絶対流量を検定することを特徴とするマスフローコントローラ絶対流量検定システム。

【請求項2】 請求項1に記載するシステムにおいて、前記計測用ガスタンクと前記マスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する計測用開閉弁を有し、前記マスフローコントローラへの前記プロセスガスの供給を前記第一開閉弁により遮断した後、前記マスフローコントローラを所定の開度にして、前記圧力センサにより計測用ガスの圧力P1を計測し、次に、前記計測用開閉弁を閉じ、前記圧力センサの計測する圧力が所定の低圧P2になったときに、前記マスフローコントローラを遮断状態にし、次に、前記計測用開閉弁を開いて、所定時間経過後圧力センサにより圧力P3を計測し、前記圧力P1、P2、P3及び計測用タンクの容積Vからマスフローコントローラ入口配管の容積を算出することを特徴とするマスフローコントローラ絶対流量検定システム。

【請求項3】 請求項1に記載するシステムにおいて、前記第1開閉弁と前記マスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上にあって、所定圧力P1の計測用ガスを蓄える第1計測用ガスタンクと、同じく前記マスフローコントローラ入口配管上にあって、所定圧力P2の計測用ガスを蓄える第2計測用ガスタンクと、前記第1計測用ガスタンクと前記マスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する第1計測用開閉弁と、前記第2計測用ガスタンクと前記マスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する第2計測用開閉弁とを有し、前記マスフローコントローラへの前記プロセスガスの供給を前記第一開閉弁により遮断した後、前記第1計測用開閉弁を開いて、前記圧力センサにより所定の圧力降下

に要する時間T1を計測し、

次に、前記第2計測用開閉弁を開いて、前記圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間T2を計測し、前記時間T1、T2、前記第1計測用ガスタンクの容積、及び前記第2計測用ガスタンクの容積から前記マスフローコントローラの絶対流量を検定することを特徴とするマスフローコントローラ絶対流量検定システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造プロセスにおけるガスシステムに使用するマスフローコントローラの流量検定に関し、さらに詳細にはシステム中に組み込んだ状態でのマスフローコントローラが計測する絶対流量の計測精度の検定が可能な絶対流量検定システムに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体製造工程中の成膜装置、乾式エッチング装置等においては、例えばシランやホスフィン等のいわゆる特殊材料ガスや塩素ガス等の腐食性ガスおよび水素ガス等の強燃性ガス等を使用する。これらのガスの使用に当たっては、次に述べる理由によりその流量を極めて厳格に管理しなければならない。

【0003】その理由として、ガス流量がプロセスの良否に直接影響することが挙げられる。すなわち、成膜プロセスにおいては膜質が、エッチングプロセスにおいては回路加工の良否が、ガス流量の精度により多大な影響を受けるのである。別の理由として、この種のガスの多くは人体や環境に対する有害性あるいは爆発性等を有することが挙げられる。このため使用後のこれらのガスは、直接大気に排気することは許されず、ガス種に応じた除害手段を備えなければならない。かかる除害手段は通常処理能力が限られていて、許容値以上の流量が流れると有害ガスの環境への流出や除害手段の破損につながることがある。さらに、これらのガス、特に半導体製造プロセスにて使用しうる高純度かつ無塵のものは高価な上、ガス種によっては自然劣化による使用期限があるため大量保管ができないことも理由となる。

【0004】一方、プロセス機器が要求するこれらのガスの実際の流量は、多くても500scm程度と小さいので、従来より配管中に公知のマスフローコントローラを配して、ガス種ごとに最適の流量を流すようにしている。かかるマスフローコントローラは、印加電圧を変更することにより、設定流量を変更してプロセスレシピの変更に対応できるようになっている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】この種のガスプロセスにおけるマスフローコントローラは、小流量をコントロールすることを目的とするものであるため内部に細管を有し、該細管の作用により流量のモニター等を行っている。一方マスフローコントローラを流れるガスのうち特

に成膜用材料ガスは、その特性上配管内でも固体物を析出する可能性があり、配管の流量容量を変化させることがある。かかる変化が起こればそのマスフローコントローラにおける印加電圧と実流量との関係は当然変化し、印加電圧の設定に変化がなくても実流量が変化するので、プロセスの安定性を阻害することになる。現実にこのような変化が起った場合には、正しいガス流量を流すべく印加電圧の設定を修正しなければならない。このとき、マスフローコントローラの実流量を計測する必要が生ずる。

【0006】また、このようなマスフローコントローラを使用し続けることは、半導体製造上最も嫌うべきパーティクルをプロセス機器に送り込むことになり、好ましくない。したがってこのような場合には、マスフローコントローラを新品に交換しなければならない。ここでマスフローコントローラの印加電圧と実流量との関係は、同一機種であっても個体差を無視できず、交換した新しいマスフローコントローラにおいて実流量を計測する必要がある。

【0007】しかしながら、マスフローコントローラの実流量を計測することは、過去ほとんど行われていない。その理由は、配管系に組み込んだ状態でのマスフローコントローラの実流量の計測が困難なことにある。そこで、実流量を計測するかわりに作業者の勘と経験により暫定的に印加電圧を設定し、プロセスを実行してその良否により暫定値の良否を判断し、これを繰り返して最適設定値を決定しているのである。このため最適値決定までに時間がかかるためプロセス装置の実稼動率が低くなるばかりでなく、その過程で消費する各種ガスやテストウェハ等のコストも軽視し得ない。

【0008】この問題を解決するために本出願人は、特願平4-286986号により、配管系に実際に取り付けたマスフローコントローラの流量検定を行うシステムを提案している。この方法では、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を遮断した後、ページ用窒素ガスの配管系から窒素ガスを導入し、マスフローコントローラの入口側配管を窒素ガスで満たした後、時間経過に伴う圧力降下を計測することにより、マスフローコントローラの流量検定を行っていた。さらに詳細には、配管系にマスフローコントローラを設置したときに時間経過に伴う圧力降下の初期値を計測、記憶しておき、マスフローコントローラを使用した後、時間経過に伴う圧力降下の値を計測し、その値と初期値との変化を知ることにより、マスフローコントローラの流量検定を行っていた。

【0009】しかしながら、特願平4-286986号で提案したシステムには、次の問題があった。すなわち、流量計測の異常を発見したときに、絶対流量を正確に知りたい場合がある。また、新品のマスフローコントローラを取り付けたときに、絶対流量を正確に計測し、

そのマスフローコントローラの絶対精度を確認しておきたい場合がある。特願平4-286986号のシステムでは、絶対流量を計測することができなかった。そして、絶対流量を計測する必要がある場合は、配管系に絶対流量を計測可能な流量計測器を接続し直して計測し、計測後元に戻していた。そのため、配管の接続等に時間がかかり、約5時間の余分な時間がかかっていた。さらに、半導体工程では配管の取り外しにより、室内の空気\_ADDRESS\_に存在するパーティクル等が配管内に侵入して、配管系を汚染する可能性があり、問題であった。

【0010】本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、配管系に組み込んだ状態でのマスフローコントローラの絶対流量の計測を可能とすることにより、マスフローコントローラの個体差や経時変化に適切に対応して、正しいガス流量を与える電圧設定値を迅速に知り、もってガスを使用するプロセスの安定運転と高稼動率操業とを可能とするマスフローコントローラ絶対流量検定システムを提供することを目的とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明のマスフローコントローラ絶対流量検定システムは、プロセスガス源から第1開閉弁およびマスフローコントローラを順次経由してプロセスチャンバーに該プロセスガスを供給するガス配管系において、第1開閉弁とマスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上にあって、所定圧力P1の計測用ガスを蓄える計測用ガスタンクと、マスフローコントローラの入口側の圧力を計測する圧力センサとを有し、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断した後、計測用ガスタンク内に蓄えられた計測用ガスをマスフローコントローラに流して、圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間Tを計測し、時間T及び計測用ガスタンクの容積Vよりマスフローコントローラの絶対流量を検定することを特徴とする。

【0012】また、上記システムにおいて、計測用ガスタンクとマスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する計測用開閉弁を有し、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を前記第一開閉弁により遮断した後、マスフローコントローラを所定の開度にして、圧力センサにより計測用ガスの圧力P1を計測し、次に、圧力センサの計測する圧力が所定の低圧P2になったときに、マスフローコントローラを遮断状態にし、次に、計測用開閉弁を開いて、所定時間経過後圧力センサにより圧力P3を計測し、圧力P1、P2、P3及び計測用タンクの容積Vからマスフローコントローラ入口配管の容積を算出することを特徴とする。また、上記システムにおいて、第1開閉弁とマスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上にあって、所定圧力P1の計測用ガスを蓄える第1計測用ガスタンクと、同じくマスフローコントローラ入口配管上にあつ

て、所定圧力  $P_2$  の計測用ガスを蓄える第2計測用ガスタンクと、第1計測用ガスタンクとマスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する第1計測用開閉弁と、第2計測用ガスタンクとマスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する第2計測用開閉弁とを有し、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断した後、第1計測用開閉弁を開いて、圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間  $T_1$  を計測し、次に、第2計測用開閉弁を開いて、圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間  $T_2$  を計測し、時間  $T_1$ 、 $T_2$ 、第1計測用ガスタンクの容積、及び第2計測用ガスタンクの容積からマスフローコントローラの絶対流量を検定することを特徴とする。

#### 【0013】

【作用】前記構成を有する本発明のマスフローコントローラ絶対流量検定システムでは、配管系にマスフローコントローラを取り付けた時に、マスフローコントローラの絶対流量を計測を行うことができる。絶対流量は、次の3つの方法により、算出することができる。マスフローコントローラの絶対流量の検定は、算出した絶対流量とマスフローコントローラの計測値とを比較することにより行われる。第一の方法では、(1)マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断し、(2)計測タンク内の計測ガスをマスフローコントローラに流し、(3)圧力が所定値  $P_1$  から  $P_2$  に圧力降下するに要する時間  $T$  を計測し、(4)時間  $T$  及び計測用ガスタンクの容積  $V$  より、気体の状態方程式に基づいて、マスフローコントローラに流れた絶対流量を算出する。

【0014】第二の方法では、(1)マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断し、(2)マスフローコントローラを所定の開度にして、前記圧力センサにより計測用ガスの圧力  $P_1$  を計測し、(3)圧力センサの計測する圧力が所定の低圧  $P_2$  になったときに、マスフローコントローラを遮断状態にし、(4)計測用開閉弁を開いて、所定時経過後圧力センサにより圧力  $P_3$  を計測し、(5)圧力  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  及び計測用タンクの容積  $V$  からマスフローコントローラ入口配管の容積を算出し、第一の方法の容積として計測用ガスタンクの容積とマスフローコントローラ入口配管の容積との和を用いる。

【0015】第三の方法では、(1)マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断し、(2)第1計測用開閉弁を開いて、第1計測タンク内の計測ガスをマスフローコントローラに流し、(3)所定の圧力  $P_1$  から  $P_3$  に圧力降下するに要する時間  $T_1$  を計測し、(4)第2計測用開閉弁を開いて、第2計測タンク内の計測ガスをマスフローコントローラに流し、(5)所定の圧力  $P_2$  から  $P_4$  に圧力降下するに要する時間  $T_2$  を計測し、(6)圧力降下  $P_1 - P_3$ 、

$P_2 - P_4$ 、及び計測した時間  $T_1$ 、時間  $T_2$ 、第1計測用ガスタンクの容積、及び第2計測用ガスタンクの容積より、気体の状態方程式に基づいて、マスフローコントローラに流れた絶対流量を算出する。

#### 【0016】

【実施例】以下、本発明のガス実流量検定システムを具体化してガス配管系に組み込んだ一実施例を図面を参照して説明する。図3は本発明にかかるガス実流量検定システムを組み込んだガスシステムのブロック図である。図3においては、2種類のプロセスガス(A, B)がそれぞれマスフローコントローラ(11A, 11B)を挟む第1開閉弁(15A, 15B)と第2開閉弁(2A, 2B)とを通してプロセスチャンバ5A, 5Bに供給されるようになっている。一方、マスフローコントローラ11を窒素ガスでバージするための窒素ガス供給ラインが、窒素ガスタンクから、レギュレタ32、フィルタ33、バージ弁17を介して、連結用開閉弁(4A, 4B)を経て各ガスラインに合流している。また、バージ弁17と連結用開閉弁4の間の配管には、圧力センサ13が接続している。また、バージ弁17と連結用開閉弁4の間の配管には、計測用開閉弁14を介して計測用ガスタンク12が接続している。ここで、連結用開閉弁4A, 4Bを設けているのは、マスフローコントローラ11A, 11Bを個別に検定するためである。すなわち、マスフローコントローラ11Aを検定する場合は、連結用開閉弁4Aのみ開とし、他の連結用開閉弁4B等を閉じて使用する。圧力センサ13は、マスフローコントローラ11の入口側の配管における窒素ガスの圧力を計測するものである。プロセスチャンバ5A, 5Bは、ドライエッキング、気相成膜、熱酸化等を行うためのものである。

【0017】この計測用ガスタンク12を含む窒素ガスの配管系の構成を簡略化して示すと、図1のようになる。すなわち、バージ弁17とマスフローコントローラ11の間のマスフローコントローラ入口配管16上にあって、所定圧力  $P_1$  の窒素ガスを蓄える計測用ガスタンク12が配設されている。また、計測用ガスタンク12とマスフローコントローラ入口配管16との間に計測用開閉弁14が配設されている。また、マスフローコントローラ入口配管16には、マスフローコントローラ11の入口側の圧力を計測する圧力センサ13が配設されている。一方、バージ弁17はパイロット式開閉弁であって、バージ弁17を駆動するためのエアを供給、遮断する電磁弁21が接続されている。

【0018】次に、本システムの制御装置の構成について図2により説明する。流量検定制御装置22は、演算手段であるCPU23、入出力インターフェイスであるI/O24、アナログデータをデジタルデータに変換するためのA/Dコンバータ25、表示装置26、上位コンピュータとのインターフェイスであるI/O27によ

り構成されている。ここで、図2のCPU23には、制御プログラムを記憶しているROM、及び一時的にデータ等を記憶するRAMを含んでいる。圧力センサ13の出力は、A/Dコンバータ25に接続されている。また、電磁弁21は、I/O24に接続している。一方、流量検定制御装置22は、プロセス全体を制御している上位コンピュータ28に接続している。すなわち、I/O27はデータ通信線31を介して、上位コンピュータ28側のインターフェイスであるI/O29に接続している。I/O29は、上位コンピュータ28のCPU30に接続している。

【0019】次に、上記構成を有するマスフローコントローラの絶対流量検定システムの作用を説明する。始めに、通常プロセスの作用を説明する。かかるガスシステムにおいて通常のプロセスレシピを実行する際には、遮断弁(4A, 4B)を開として、計測用ガスタンク12からの窒素ガスが各ガスラインに流れることなく、かつ、各プロセスガスが圧力センサ13の方に逆流することのないようにした上で、各マスフローコントローラ11に設定電圧を印加し、必要な第1開閉弁15及び第2開閉弁2を開として、プロセスチャンバ5に各プロセスガスを必要な流量だけ流す。プロセスチャンバ5内には、処理しようとするウェハが収納されており、適宜加熱、プラズマ印加等を行い、プロセスガスの作用と併せて必要な処理が行われる。

【0020】さて、かかるガスシステムにおいて、マスフローコントローラ11Aを新品に交換した場合を考える。一般にマスフローコントローラは内部に細管を有するので、同一形式のものであっても、その印加電圧と実絶対流量との関係の個体差は無視しえず、システムに組み込んだ状態での実際の絶対流量を計測して、必要とする流量に対する印加電圧を設定し直しておくのが、プロセスの良好な操業を図る上で望ましい。また、実レシピを多数回実行することにより、細管の詰まり等により、マスフローコントローラ11の特性が変化することがあるので、絶対流量の精度が品質に直接与える影響のきわめて大きい半導体製造工程においては、必要に応じてマスフローコントローラ11が計測する絶対流量を検

$$(d n/d t) = (d P/d t) / (R T) \text{ となる。} \quad (式1)$$

一方、流量Qは、

$$Q = (d n/d t) m \text{ となる。} \quad (式2)$$

ここで、mは気体の分子量である。 (式1) 及び (式

$$Q = (d P/d t) m V / (R T) \text{ となる。} \quad (式3)$$

【0023】本実施例では、 $d P = P_2 - P_1$ 、 $d t = T$ 、mは窒素ガスの分子量、Vは計測用ガスタンク12の容積V1、Rは気体定数、Tは窒素ガスの温度である。本作用において気体の変化では気体の温度はほとんど変化しないので、窒素ガスの温度は、室温20度をそのまま使用している。また、容積Vは正確には、計測用ガスタンク12の容積とマスフローコントローラ入口配

定することが必要である。本実施例のガスシステムでは、ガス絶対流量検定システムが組み込まれているので、各マスフローコントローラ(11A, 11B)のガス絶対流量を計測し、マスフローコントローラ11の精度を確認することができる。

【0021】本実施例のガスシステムにおけるガス実流量計測の手順を図4のフローチャートに基づいて説明する。ここでは、マスフローコントローラ11Aの絶対流量を検定する方法について説明する。図1のガスシステムにおいてガス絶対流量を計測するには、まず第1開閉弁15Aを開とし、マスフローコントローラ11AへのプロセスガスAの供給を遮断し、第2開閉弁2A及びマスフローコントローラ11A、計測用開閉弁14、連結用開閉弁4A、ページ弁17を開いて、マスフローコントローラ11内に残っているプロセスガスAを排出し、マスフローコントローラ11内部を窒素ガスでページする(S1)。これにより、計測用ガスタンク12内にページ圧力の窒素ガスが蓄えられる。次に、マスフローコントローラ11Aの流量設定を通常プロセスで使用する予定の所定値とし(S2)、ページ弁17を閉じ、マスフローコントローラ11Aに対して、計測用ガスタンク12内の窒素ガスを流す(S3)。そして、圧力センサ13が計測した圧力は、A/Dコンバータ25によりA/D変換され、CPU23に読み込まれる。また、CPU23は、所定圧力P1を検出した時から時間計測を行い、所定圧力P2を検出するまでに要する時間Tを計測する。

【0022】そして、CPU23が上記圧力降下P1-P2、時間Tにより、気体の状態方程式に基づいて、マスフローコントローラ11Aに流れた窒素ガスの絶対流量を算出する(S5)。次に、その算出方法について説明する。気体の状態方程式  $PV = nRT$  ここで、Pは気体の圧力、Vは気体の容積、nは気体のモル数、Tは気体の温度である。この気体の状態方程式を時間tで微分することにより、 $(dP/dt) = (dn/dt) / RT$  となり、これを  $(dn/dt)$  について整理すると、

$$(dn/dt) = (dP/dt) / (RT) \text{ となる。} \quad (式1)$$

$$Q = (dn/dt) m \text{ となる。} \quad (式2)$$

$$Q = (dP/dt) m V / (RT) \text{ となる。} \quad (式3)$$

管16の容積とを加えた容積で計算する必要がある。本実施例では、簡便のため、計測用ガスタンク12の容積で計算を行っているが、本実施例の計測用ガスタンク12の容積は、マスフローコントローラ入口配管16の容積の約100倍に設定してあるので、容積による誤差を1%程度に押さえることができる。マスフローコントローラ11は一つづつ、流量計の実測絶対流量により検定

されており、計測値と絶対流量との関係が設計値として表等で示されている。本発明の目的の一つは、実際の配管系にマスフローコントローラ11を組み込んだときに、計測値と絶対流量の関係が変化しないことを確認することである。従って、算出した絶対流量とマスフローコントローラ11Aの設計値とを比較することにより、マスフローコントローラ11Aの検定を行う(S6)。

【0024】以上詳細に説明したように、本実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムによれば、第1開閉弁15とマスフローコントローラ11との間のマスフローコントローラ入口配管16上にあって、所定圧力P1の計測用窒素ガスを蓄える計測用ガスタンク12と、計測用ガスタンク12とマスフローコントローラ入口配管16との間で管路を開閉する計測用開閉弁14と、マスフローコントローラ11の入口側の圧力を計測する圧力センサ13とを有し、マスフローコントローラ11へのプロセスガスの供給を第一開閉弁15により遮断した後、計測用開閉弁14を開いて、圧力センサ13により所定の圧力降下に要する時間Tを計測し、時間T及び計測用ガスタンク12の容積Vよりマスフローコントローラ11の絶対流量を検定しているので、マスフローコントローラ11の絶対流量を容易かつ簡便に検定できるため、マスフローコントローラ11を正確に制御して、プロセスガスを必要な分量だけ正確に供給することができる。

【0025】次に、第二の実施例について説明する。第二の実施例の構成は第一の実施例と全く同様なので、説明を省略する。第二の実施例で第一の実施例と異なるのは、マスフローコントローラ入口配管16の容積

$$VX = V0 (P1 - P3) / (P3 - P2) \quad (式4)$$

ここで、既知の計測用ガスタンク12の容積をV0とし、マスフローコントローラ入口配管16の容積をVXとしている。

【0028】S16からS19のステップは、第1実施例と同様であり、説明を省略する。(式2)により、マスフローコントローラ入口配管16の容積VXを求めることができ、(式3)において $V = V0 + VX$ とすることにより、マスフローコントローラ入口配管16の容積まで含めて、絶対流量を第一実施例より正確に算出することができる。本実施例では、計測用ガスタンク12内を高圧P1、マスフローコントローラ入口配管16内を低圧P2としてから、計測用開閉弁14を開いて、計測用ガスタンク12及びマスフローコントローラ入口配管16内を中圧P3としてマスフローコントローラ入口配管16の容積VXを求めているが、逆に、計測用開閉弁14内を低圧P1、マスフローコントローラ入口配管16内を高圧P2としてから、計測用開閉弁14を開いて、中圧P3としてマスフローコントローラ入口配管16内の容積VXを求めて同様である。

【0029】第二の実施例のマスフローコントローラ絶

を求める点であるので、第二の実施例のマスフローコントローラ入口配管16を求める作用を図5を用いて詳細に説明する。ここでも、マスフローコントローラ11Aの絶対流量を検定する方法について説明する。第1開閉弁15を閉じ、バージ弁17、連結用開閉弁4A、計測用開閉弁14、マスフローコントローラ11を開いて、マスフローコントローラ11A内を窒素ガスでバージする(S11)。

【0026】次に、マスフローコントローラ11Aを設定流量状態にし、圧力P1を計測する(S12)。次に、計測用開閉弁14を閉じた後バージ弁17を閉じ、圧力が所定の低圧P2になったときにマスフローコントローラ11Aを開じ、圧力P2を計測する(S13)。計測用開閉弁14を閉じた後バージ弁17を閉じているのは、バージ弁17を先に閉じると、計測用ガスタンク12内に蓄えられるガス量に誤差が発生するからである。次に、計測用開閉弁14を開き、所定時間経過後圧力P3を計測する(S14)。次に、計測した圧力P1、P2、P3、及び計測用ガスタンク12の容積V0よりマスフローコントローラ入口配管16の容積VXを算出する(S15)。

【0027】次に、その算出方法について説明する。  
 $PV = nRT$ より、 $n = PV / (RT)$ 。

(計測用ガスタンク12内のモル数) + (マスフローコントローラ入口配管16内のモル数) = (バルブを開いた時の全モル数)だから、 $P1V0 / (RT) + P2VX / (RT) = P3 (V0 + VX) / (RT)$ となり、これを整理すると、 $(P1 - P3) V0 = (P3 - P2) VX$ これをVXについて解くと、

$$(P3 - P2) \quad (式4)$$

対流量検定システムによれば、第1開閉弁15Aを遮断した後、マスフローコントローラ11Aを遮断状態にし、マスフローコントローラを所定の開度にして、圧力センサにより計測用ガスの圧力P1を計測し、次に、圧力センサの計測する圧力が所定の低圧P2になったときに、マスフローコントローラを遮断状態にし、次に、計測用開閉弁を開いて、所定時間経過後圧力センサにより圧力P3を計測し、圧力P1、P2、P3及び計測用タンクの容積Vからマスフローコントローラ入口配管の容積を算出し、その容積を用いてマスフローコントローラ絶対流量検定を行っているので、第一の実施例と比較して、マスフローコントローラ入口配管16の容積を求めることができ、絶対流量を正確に算出することができる。そのため、計測用ガスタンク12の容積を大きくしないで済み、システムをコンパクトに構成することができる。

【0030】次に、第三の実施例について説明する。第三の実施例の構成を図2に示す。第三の実施例が第一の実施例と異なるのは、計測用ガスタンク12及び計測用開閉弁14を各々2組備えている点である。すなわち、

第1計測用ガスタンク121が第1計測用開閉弁141を介して、マスフローコントローラ入口配管16に接続し、第2計測用ガスタンク122が第2計測用開閉弁142を介して、マスフローコントローラ入口配管16に接続している。次に、第三の実施例の作用を図6を用いて詳細に説明する。ここでも、マスフローコントローラ11Aの絶対流量を検定する方法について説明する。図1のガスシステムにおいてガス絶対流量を計測するには、まず第1開閉弁15Aを閉じ、マスフローコントローラ11AへのプロセスガスAの供給を遮断し、第2開閉弁2A、マスフローコントローラ11A、第1計測用開閉弁141、第2計測用開閉弁142、連結用開閉弁4A、バージ弁17を開いて、マスフローコントローラ11内に残っているプロセスガスAを排出し、マスフローコントローラ11A内を窒素ガスでバージする(S21)。これにより、第1計測用ガスタンク121、第2計測用ガスタンク122にバージ圧力の窒素ガスを蓄える。

【0031】次に、マスフローコントローラ11Aの流量設定を通常プロセスで使用する予定の所定値とする

$$Q = (dP/dt_1) m (V_1 + VX) / (RT) \text{ となる。} \quad (式5)$$

$$Q = (dP/dt_2) m (V_2 + VX) / (RT) \text{ となる。} \quad (式6)$$

(式5)と(式6)からVXを消去すると、

$$Q = (dP / (dt_1 - dt_2)) m (V_1 - V_2) / (RT) \text{ となる。} \quad (式7)$$

(式7)は、タンクの容積の差分だけ圧力降下時間の差になっていると考えて、 $dt = dt_2 - dt_1$ 、 $V = V_2 - V_1$ を(式3)に代入した形である。これにより、マスフローコントローラ入口配管16の容積VXを求めることができるので、マスフローコントローラ入口配管16の容積まで含めて、絶対流量を第一実施例より正確に算出することができる。

【0033】本実施例では、(1) 第2計測用開閉弁142を閉じた状態で第1計測用開閉弁141を開けて計測し、(2) 次に、第1計測用開閉弁141を閉じた状態で第2計測用開閉弁142を開けて計測を行っているが、(2)の場合に第1計測用開閉弁141を開いた状態のままで第2計測用開閉弁142を開いて計測を行っても良い。流量Qは、2つのタンクの容積の差分だけ圧力降下する時間の差として計測されるので、この方法によれば、同じタンクを使用しても容積差を大きくできるからである。

【0034】第三の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムによれば、所定圧力P1の窒素ガスを蓄える第1計測用ガスタンク121と、所定圧力P2の窒素ガスを蓄える第2計測用ガスタンク122と、第1計測用ガスタンク121とマスフローコントローラ入口配管16との間で管路を開閉する第1計測用開閉弁141と、第2計測用ガスタンク122とマスフローコントローラ入口配管16との間で管路を開閉する第2計測

(S22)。次に、第1計測用開閉弁141を開き、第2計測用開閉弁142を閉じる(S23)。次に、バージ弁17を閉じ、圧力センサ13により圧力がP1からP3に圧力降下する時間T1を測定する(S24)。次に、バージ弁17を開ける(S25)。次に、第1計測用開閉弁141を閉じ、第2計測用開閉弁142を開ける(S26)。次に、バージ弁17を閉じ、圧力センサ13により圧力がP2からP4に圧力降下する時間T2を測定する(S27)。

【0032】そして、CPU23が計測した圧力降下時間T1、T2を用いて、気体の状態方程式に基づいて、マスフローコントローラ11Aに流れた窒素ガスの絶対流量を算出する(S28)。そして、算出した絶対流量と設計値とを比較して、マスフローコントローラ11の検定をおこなう(S29)。次に、窒素ガスの絶対流量の算出方法について説明する。(式3)より、第1計測用ガスタンク121の容積をV1、第2計測用ガスタンク122の容積をV2、マスフローコントローラ入口配管16の容積をVXとすれば、

$$Q = (dP / (dt_1 - dt_2)) m (V_1 - V_2) / (RT) \text{ となる。} \quad (式7)$$

用開閉弁142とを有し、マスフローコントローラ11Aへのプロセスガスの供給を第一開閉弁15Aにより遮断した後、第1計測用開閉弁141を開いて、圧力センサ13により所定の圧力降下に要する時間T1を計測し、次に、第2計測用開閉弁142を開いて、圧力センサ13により所定の圧力降下に要する時間T2を計測し、計測した時間T1、T2、第1計測用ガスタンク121の容積、及び第2計測用ガスタンク122の容積からマスフローコントローラ11Aの絶対流量を検定しているので、第一の実施例と比較して、マスフローコントローラ入口配管16の容積を求めることが可能、絶対流量を正確に算出することができる。また、第二の実施例において、マスフローコントローラ11を完全な遮断状態にするのは困難であるが、第三の実施例では、小型タンクを2つ必要とするだけなので、より正確に絶対流量を計測することができる。

【0035】一方、実レシピの実行を多数回数繰り返すと、マスフローコントローラ11の印加電圧と実流量との関係が変化することがあり、そのことはマスフローコントローラ11に正常電圧を印加しているのにプロセス結果が良好でなくなることによって知られる。プロセス結果が良好でないとは、例えば成膜プロセスの場合、形成された膜の膜厚や膜質(屈折率等)が正常値からはずれたり、それらの均一性が悪くなることをいう。この場合は、マスフローコントローラ11の印加電圧を修正し

て所要流量が得られるようにしなければならない。また、このような正常値からのずれが大きくなつたマスフローコントローラ11は、えてしてパーティクルを発生してプロセス歩留まりを悪化させてるので、ずれがある限界値を超えた時点でなんらかのアラームが発せられるようにしておくのが好ましい。

【0036】本実施例のガスシステムにおいては実際の配管系における絶対実流量計測手段を備えているので、以上のようにして、マスフローコントローラ11の印加電圧の修正あるいは交換すべきか否かの判断を制度良くかつ効率的に行うことができるため、半導体の歩留まりを向上させることができる。また、消費するプロセスガスやテストウェハのコスト、あるいは試行および結果解析に必要な時間を本実施例のシステムを採用することにより削減できる。

【0037】なお、上記実施例は本発明を限定するものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々の変形、改良が可能であることはもちろんである。また、計測用ガスとしてここでは窒素ガスを使用したが、窒素ガスに限らず不活性であつてかつクリーンなものが入手可能なガスであれば他のガスでもよい。ただし、半導体工程で使用されるプロセスガスは、高価であり、また毒性を有する場合もあるので、計測用ガスは、本実施例のようにプロセスガスと異なるものを使用すると良い。

#### 【0038】

【発明の効果】以上説明したことから明かに本発明のマスフローコントローラ絶対流量検定システムによれば、第1開閉弁とマスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上にあって、所定圧力P1の計測用ガスを蓄える計測用ガスタンクと、計測用ガスタンクとマスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する計測用開閉弁と、マスフローコントローラの入口側の圧力P2を計測する圧力センサとを有し、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断した後、計測用開閉弁を開いて、圧力セ

ンサにより所定の圧力低下に要する時間Tを計測することによりマスフローコントローラの絶対流量を検定しているので、マスフローコントローラの絶対流量を容易かつ簡便に検定できるため、マスフローコントローラを正確に制御して、プロセスガスを必要な分量だけ正確に供給することができる。それにより、半導体製造工程の歩留まりを向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例であるマスフローコントローラ流量検定システムの主要部の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第三の実施例であるマスフローコントローラ流量検定システムの主要部の構成を示すブロック図である。

【図3】第一の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムの全体構成を示すブロック図である。

【図4】第一の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムの作用を示すフローチャートである。

【図5】第二の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムの作用を示すフローチャートである。

【図6】第三の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムの作用を示すフローチャートである。

#### 【符号の説明】

1 1 マスフローコントローラ

1 2 計測用ガスタンク

1 2 1 第1計測用ガスタンク

1 2 2 第2計測用ガスタンク

1 3 圧力センサ

1 4 計測用開閉弁

30 1 4 1 第1計測用開閉弁

1 4 2 第2計測用開閉弁

1 5 第1開閉弁

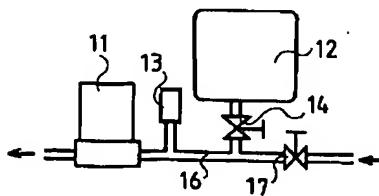
1 6 マスフローコントローラ入口配管

2 1 電磁弁

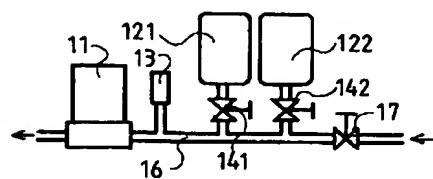
2 2 流量検定制御装置

2 3 C P U 2 3

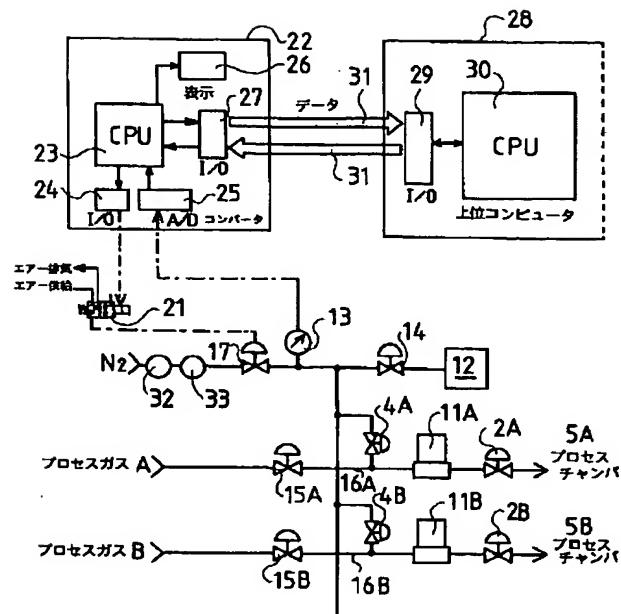
【図1】



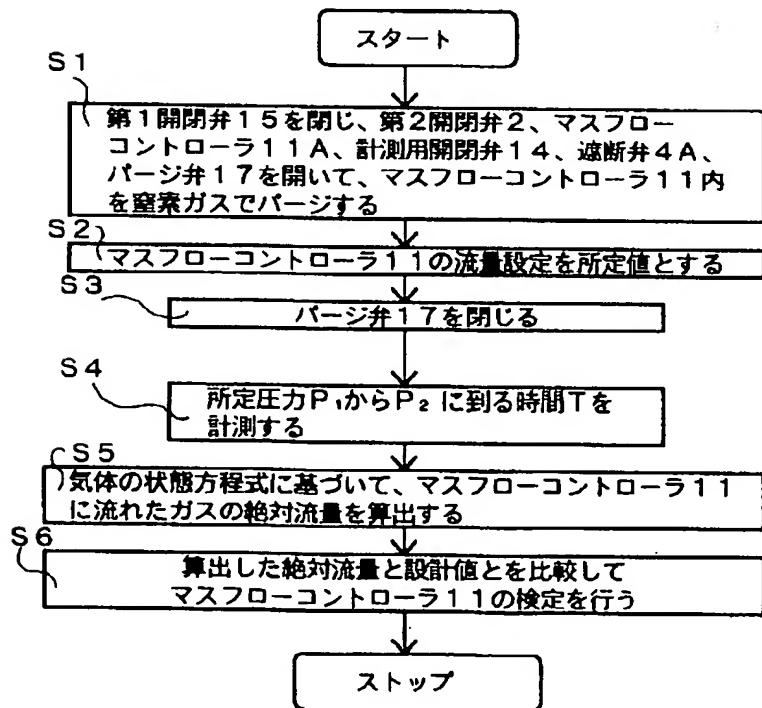
【図2】



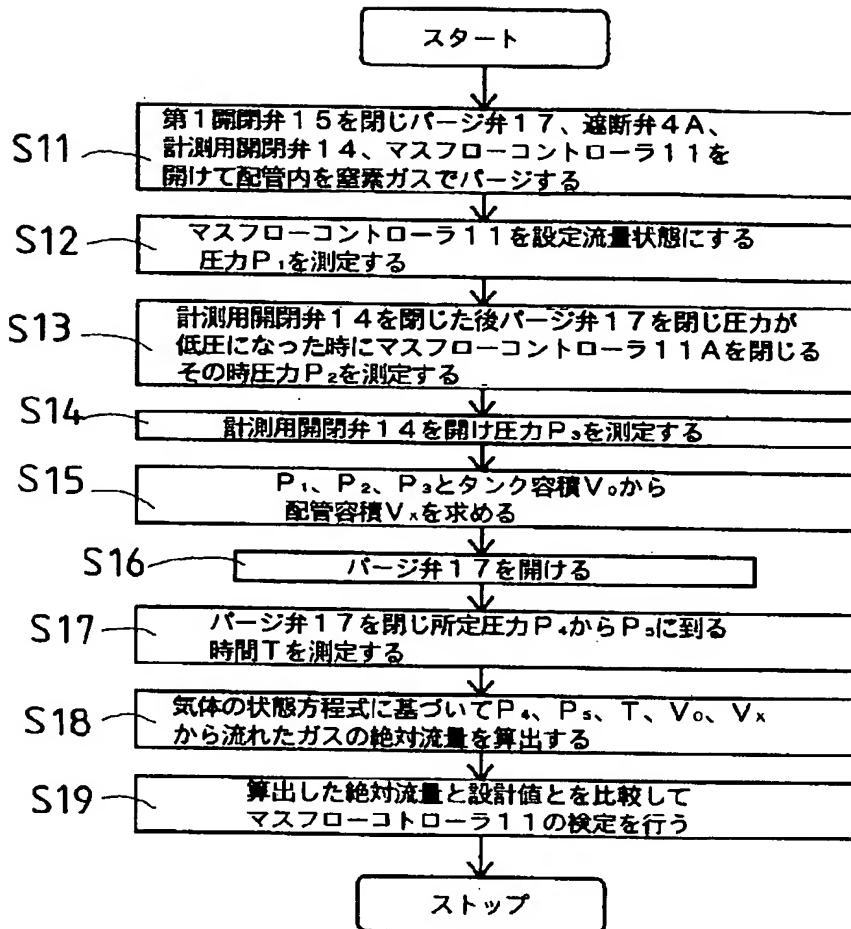
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

